

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

012931148 **Image available**
WPI Acc No: 2000-102995/*200009*
XRPX Acc No: N00-079713

Wafer position detection mechanism for scanning type exposure system used in lithography process for LSI manufacture - detects position of wafer with respect to specific portion of mirror on which exposure light falls, that is set at optical axis side of reflective area

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 11345761	A	19991214	JP 98166320	A	19980529	200009 B

Priority Applications (No Type Date): JP 98166320 A 19980529

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 11345761	A		11	H01L-021/027	

Abstract (Basic): JP 11345761 A

NOVELTY - The reflective area of the exposure light set at the eccentric position from the optical axis (AX) of a projection optical system (PO). A specific mirror (M1) of the optical system has a portion on which the exposure light falls, set at the optical axis side of the reflective area. An alignment microscope detects the position of a wafer (W) with respect to the specific portion of the mirror.

USE - For detecting position of wafer in scanning type exposure system used in lithography process for LSI manufacture.

ADVANTAGE - The position detection accuracy of the substrate is improved by using an objective lens of large N.A. The superposition accuracy of the mask and the wafer is improved. DESCRIPTION OF

DRAWING(S) - The figure shows the entire composition of the scanning type exposure. (AX) Optical axis; (M1) Mirror; (PO) Projection optical system; (W) Wafer.

Dwg.1/10

Title Terms: WAFER; POSITION; DETECT; MECHANISM; SCAN; TYPE; EXPOSE; SYSTEM
; LITHO; PROCESS; LSI; MANUFACTURE; DETECT; POSITION; WAFER; RESPECT;
SPECIFIC; PORTION; MIRROR; EXPOSE; LIGHT; FALL; SET; OPTICAL; AXIS; SIDE;
REFLECT; AREA

Derwent Class: P84; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20; G03F-009/00

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C04

(11)特許出願公開番号

特開平11-345761

(43)公開日 平成11年(1999)12月14日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	F I		
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 8	
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1	
9/00		9/00	H	
		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D	
			5 2 5 E	
		審査請求 未請求 請求項の数 9	FD (全 11 頁)	最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-166320

(22)出願日 平成10年(1998)5月29日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 太田 和哉

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

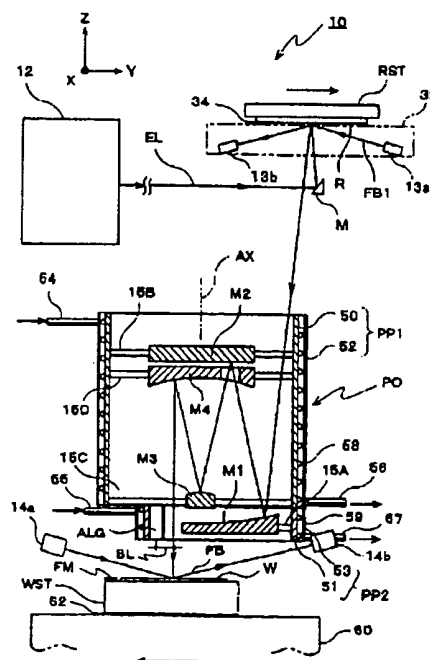
(74)代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 走査型露光装置

(57) 【要約】

【課題】 基板の位置検出精度を向上して、マスクと基板の重ね合せ精度の向上を図る。

【解決手段】 投影光学系POが、該投影光学系の光軸AXから偏心した位置に露光光の反射領域が配置されるとともに、該反射領域の光軸側に露光光の光路を含む空間部が設定された特定の反射光学素子M1を含んで構成され、前記空間部の一部に基板Wの位置を検出する位置検出装置としてのアライメント顕微鏡ALGを配置している。このため、アライメント顕微鏡ALGを露光光（結像光束）の光路の近傍、すなわち照明領域の近くに配置することができ、これにより該アライメント顕微鏡ALGの対物レンズから基板Wへの距離を短く設定することができる。従って、大N.A.の対物レンズの使用等により基板の位置検出精度を向上させることができ、結果的にマスクRと基板Wの重ね合せ精度を向上することが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクと基板とを同期移動して前記マスクのパターンを投影光学系を介して前記基板上に転写する走査型露光装置において、

前記投影光学系が、少なくとも一部に反射光学素子を含み、

前記反射光学素子の内の少なくとも1つは、前記投影光学系の光軸から偏心した位置に露光光の反射領域が配置されるときに、該反射領域の前記光軸側に露光光の光路を含む空間部が設定された特定の反射光学素子であり、

前記空間部の一部に前記基板の位置を検出する位置検出装置を配置したことを特徴とする走査型露光装置。

【請求項2】 マスクと基板とを同期移動して前記マスクのパターンを投影光学系を介して前記基板上に転写する走査型露光装置において、

前記投影光学系が少なくとも一部に反射光学素子を含み、

前記投影光学系を構成する反射光学素子の1つは、前記マスクに光学的に最も近く、かつ前記基板に物理的に最も近いという要件を満足する特定の反射光学素子であり、

前記特定の反射光学素子の一部又はその延長部分に、露光光路を含む空間部が存在し、

前記空間部の一部に前記基板の位置を検出する位置検出装置を配置したことを特徴とする走査型露光装置。

【請求項3】 前記空間部は、前記特定の反射光学素子の一部を切断して得られたスペースを含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型露光装置。

【請求項4】 前記空間部は、前記特定の反射光学素子の一部に形成された開口部を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型露光装置。

【請求項5】 前記位置検出装置は、前記基板に形成されたマークを検出する1又は2以上のマーク検出装置を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型露光装置。

【請求項6】 前記マーク検出装置は、前記露光光の光路の前記同期移動移動方向の両側に配置された複数のアライメント顕微鏡であることを特徴とする請求項5に記載の走査型露光装置。

【請求項7】 前記位置検出装置は、前記基板の前記投影光学系の光軸方向の位置を検出する焦点位置検出装置を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型露光装置。

【請求項8】 前記投影光学系は、反射光学素子のみから成る反射光学系であることを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型露光装置。

【請求項9】 前記露光光が、波長5〜20nmのEUV光であることを特徴とする請求項1、2、8のいずれか一項に記載の走査型露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査型露光装置に係り、更に詳しくは半導体素子等を製造するためのリソグラフィ工程で用いられる走査型露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、LSI等を製造するリソグラフィ工程においては、いわゆるステッパあるいはいわゆるスキヤニング・ステッパ等の縮小投影露光装置が主として用いられており、近時においてはより高精度かつ大面積の露光が可能なスキヤニング・ステッパが主流となりつつある。

【0003】昨今の殆どのこの種の露光装置では、投影光学系を介さないでウエハ上のアライメントマークを検出するオフアクシス方式のウエハアライメント系が投影光学系の脇に配置されている。主たる理由は、次の通りである。

【0004】露光装置においては、投影光学系は露光波長の光に対して結像特性が調整されていることから、投影光学系を介するオンアクシス方式のウエハアライメント系を採用する場合には、投影光学系を透過可能な露光波長に近い波長の光をアライメント光として採用しなければならない。しかし、露光光の短波長化に伴って、投影光学系を透過可能でかつアライメント時にウエハ上のレジストを感光させないような光の選択は非常に困難となってきた。このため、露光波長に無関係にアライメント波長を定めることができるオフアクシス方式のウエハアライメント系が採用されたものである。これと同様の理由により、オートフォーカスセンサも投影光学系の脇に配置されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の縮小投影露光装置では、投影光学系の先玉の脇に潜り込ませるような状態で、L字状のアライメント光学系ユニットを配置することにより、直筒のアライメント光学系ユニットを配置する場合に比べて、アライメント光学系ユニットの検出中心とレチクルパターンの転写位置（通常投影光学系の光軸中心で代表的に表される）との距離、すなわちいわゆるベースライン距離を短くすることができる。ベースライン距離の長短はマーク検出精度の安定性に影響するため、このような配置が一般的である。

【0006】しかしながら、このような配置にすると、アライメント光学系のN.A.（開口数）を大きくすることができず、このため、マーク検出の精度向上がなかなか困難であった。

【0007】すなわち、露光装置の解像力向上のためには、投影光学系のN.A.を大きく、例えば0.6以上にすることが必要である。一般に、対物レンズとウエハ表面との間の距離（いわゆるワーキングディスタンス）を長くすると、対物レンズの口径も大きくしなければなら

い。一方、従来の露光装置では複数のレンズエレメントで構成されたアライメント光学系の対物レンズをウエハに対して鉛直方向に配置するだけのスペースが得られないため、その対物レンズをミラー又はプリズムで折り返した後の光路上に配置する他なく、対物レンズからウエハ表面までの距離が必然的に長くなっていた。大口径の対物レンズを小さな収差で作製することは容易でなく、たとえ作製できたとしても投影光学系が邪魔になって配置することができない。結果的に小N.A.の対物レンズを使用する他なかったのである。

【0008】また、昨今の縮小投影露光装置では、対プロセス性を向上させるため、検出方式の異なるアライメント検出系、例えばFIA(Field Image Alignment)方式、LIA(Laser Interferometric Alignment)方式、LSA(Laser Step Alignment)方式のアライメント検出系をアライメント光学系ユニット内に組み込んでいるが、かかる検出方式の異なる検出系を一つのユニット内に組み込む場合には、ビームスプリッタにより光路を分岐させることが必要となる。このため、光学系の構成が複雑になるとともに、アライメントビームの光量が低下するという不都合があり、検出精度の更なる向上の障壁となっていた。すなわち、対プロセス性の向上と検出精度の更なる向上とを同時に満足させることは簡単ではなかった。

【0009】また、オートフォーカスセンサについて見てみると、光軸中心からある程度離れた位置に送光系、受光系を配置する必要から、振動あるいは熱変形等により両者の相対位置関係に狂いが生じ易く、この狂いが生じると正確な検出が困難となり、安定性に欠けるという不都合があった。また、同様の理由から、対物レンズとして小N.A.でかつある程度の口径を有するものを用いざるを得なかった。

【0010】このように、従来のスキニング・ステップでは、ウエハの位置検出精度の更なる向上のためには、種々の解決すべき課題が山積していた。

【0011】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その目的は、基板の位置検出精度を向上して、マスクと基板の重ね合わせ精度の向上を図ることができる走査型露光装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】ところで、最近、実用最小線幅(デバイスルール)100nm~70nmの回路パターンを基板(ウエハ)に転写するための次世代の露光装置として、波長5~20nmのEUV(Extreme Ultraviolet)光を露光光として用いるEUV露光装置の開発が開始されるに至っている。このEUV露光装置では、EUV光を透過させる光学素子が存在しないことから、必然的に反射レチクル及びオール反射型の投影光学系を用いる必要がある。オール反射の投影光学系は一般にリングフィールドと呼ばれる円弧状の照明領域を有

し、照明光束の通り道が投影光学系の光軸に対して偏心しているのが特徴である。従って、投影光学系を構成する全ての反射光学素子を光軸中心を中心として同軸に配置した場合には、大部分のミラーには照明光束の反射という本来の目的に用いない不要な領域、すなわち当初からなくても良い領域、あるいは切除しても良い領域が存在することになる。一部に屈折光学素子を含む投影光学系であっても、結像光束の光路が投影光学系の光軸に対して偏心している場合には、同様である。本発明は、かかる点に着目し、以下のような構成を採用する。すなわち、

【0013】本発明に係る第1の走査型露光装置は、マスク(R)と基板(W)とを同期移動して前記マスクのパターンを投影光学系(PO)を介して前記基板上に転写する走査型露光装置において、前記投影光学系が、少なくとも一部に反射光学素子(M1~M4)を含み、前記反射光学素子の内の少なくとも1つ(M1)は、前記投影光学系の光軸から偏心した位置に露光光の反射領域が配置されるとともに、該反射領域の前記光軸側に露光光の光路を含む空間部が設定された特定の反射光学素子であり、前記空間部の一部に前記基板の位置を検出する位置検出装置を配置したことを特徴とする。

【0014】これによれば、前記投影光学系が、該投影光学系の光軸から偏心した位置に露光光の反射領域が配置されるとともに、該反射領域の光軸側に露光光の光路を含む空間部が設定された特定の反射光学素子を含んで構成され、前記空間部の一部に前記基板の位置を検出する位置検出装置を配置している。このため、位置検出装置を露光光(結像光束)の光路の近傍、すなわち照明領域の近くに配置することができ、これにより該位置検出装置の対物レンズから基板への距離を短く設定することができる。従って、大N.A.の対物レンズの使用等により基板の位置検出精度を向上させることができ、結果的にマスクと基板の重ね合わせ精度を向上することが可能になる。

【0015】また、本発明に係る第2の走査型露光装置は、マスク(R)と基板(W)とを同期移動して前記マスクのパターンを投影光学系(PO)を介して前記基板上に転写する走査型露光装置において、前記投影光学系が少なくとも一部に反射光学素子(M1~M4)を含み、前記投影光学系を構成する反射光学素子の1つ(M1)は、前記マスクに光学的に最も近く、かつ前記基板に物理的に最も近いという要件を満足する特定の反射光学素子であり、前記特定の反射光学素子の一部又はその延長部分に、露光光の光路を含む空間部が存在し、前記空間部の一部に前記基板の位置を検出する位置検出装置を配置したことを特徴とする。

【0016】これによれば、前記投影光学系が、マスクに光学的に最も近く、かつ前記基板に物理的に最も近いという要件を満足する特定の反射光学素子を含んで構成

され、その特定の反射光学素子の一部又はその延長部分に、露光光路を含む空間部が存在し、その空間部の一部に基板の位置を検出する位置検出装置を配置している。このため、位置検出装置を露光光（結像光束）の光路の近傍、すなわち照明領域の近くに配置することができ、これにより該位置検出装置の対物レンズから基板への距離を短く設定することができる。従って、上記と同様の理由により、マスクと基板の重ね合せ精度を向上することが可能になる。

【0017】上記第1、第2の走査型露光装置において、例えば位置検出装置が、基板に形成されたマークを検出するマーク検出装置、例えばアライメント光学系である場合には、該アライメント光学系の検出中心と投影光学系の検出中心との距離（ベースライン距離）が非常に短くなり、マーク検出装置の安定性が向上する。また、例えば、位置検出装置が、基板の投影光学系の光軸方向の位置を検出する焦点位置検出装置である場合には、検出光の光路長が短くなるので、安定性の向上と、該焦点位置検出装置のコンパクト化が可能である。

【0018】

【発明の実施の形態】《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1～図2に基づいて説明する。

【0019】図1には、第1の実施形態に係る走査型露光装置10の全体構成が概略的に示されている。この走査型露光装置10では、後述するように、マスクとしてのレチクルRからの反射光束を基板としてのウエハW上に垂直に投射する投影光学系POが使用されているので、以下においては、この投影光学系POからウエハWへの照明光ELの投射方向を投影光学系POの光軸方向と呼ぶとともに、この光軸方向をZ軸方向、これに直交する面内で図1における紙面内の方向をY軸方向、紙面に直交する方向をX軸方向として説明するものとする。

【0020】この走査型露光装置10は、マスクとしての反射型レチクルRに描画された回路パターンの一部の像を投影光学系POを介して基板としてのウエハW上に投影しつつ、レチクルRとウエハWとを投影光学系POに対して1次元方向（ここではY軸方向）に相対走査することによって、レチクルRの回路パターンの全体をウエハW上の複数のショット領域の各々にステップアンドスキャン方式で転写するものである。

【0021】走査型露光装置10は、波長11nmのEUV光（軟X線領域の光）ELをY方向に沿って水平に射出する光源装置12、この光源装置12からのEUV光ELを反射して所定の入射角、例えば約50mradでレチクルRのパターン面（図1における下面）に入射するように折り曲げる折り返しミラーM（照明光学系の一部）、レチクルRを保持するレチクルステージRST、レチクルRのパターン面で反射されたEUV光ELをウエハWの被露光面に対して垂直に投射する反射光学系から成る投影光学系PO、ウエハWを保持するウエハ

ステージWST等を備えている。

【0022】前記光源装置12は、レーザ励起プラズマ光源から成る露光光源、集光ミラーとしての放物面鏡、照明ミラー、波長選択窓等（いずれも図示省略）を含み、折り返しミラーMを介してレチクルRのパターン面を円弧スリット状照明光で照明する。

【0023】前記レチクルステージRSTは、XY平面に沿って配置されたレチクルステージベース32上に配置され、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34によって前記レチクルステージベース32上に浮上支持されている。このレチクルステージRSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34によってY方向に所定ストローク（具体的には100mm以上のストローク）で駆動されるとともに、X方向及びθ方向（Z軸回りの回転方向）にも微小量駆動されるようになっている。また、このレチクルステージRSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34によってZ方向及びXY面に対する傾斜方向にも微小量だけ駆動可能に構成されている。

【0024】レチクルステージRSTのZ方向の位置は、レチクルRのパターン面に対し斜め方向から検出ビームFB1を照射する送光系13aと、レチクルRのパターン面で反射された検出ビームFBを受光する受光系13bとから構成されるレチクルフォーカスセンサ13によって計測されている。このレチクルフォーカスセンサ13としては、例えば特開平6-283403号公報等に開示される多点焦点位置検出系が用いられている。また、レチクルステージRSTのXY面内の位置は不図示のレーザ干渉計システムによって計測されている。

【0025】前記レチクルフォーカスセンサ13及びレーザ干渉計システムの計測値は、不図示の主制御装置に供給され、該主制御装置によって磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34が制御され、レチクルステージRSTの6次元方向の位置及び姿勢制御が行われるようになっている。

【0026】レチクルステージRSTの下面に、不図示の静電チャック方式のレチクルホルダを介してレチクルRが吸着保持されている。このレチクルRは、シリコンウエハ、石英、低膨張ガラスなどの薄い板から成り、その表面（パターン面）には、EUV光を反射する反射膜が形成されている。この反射膜は、モリブデンMoとベリリウムBeの膜が交互に約5.5nmの周期で、約50ペア積層された多層膜である。この多層膜は波長11nmのEUV光に対して約70%の反射率を有する。なお、前記折り返しミラーM及び前記光源装置12内の各ミラーの反射面にも同様の構成の多層膜が形成されている。

【0027】レチクルRのパターン面に形成された多層膜の上には、吸収層として例えばニッケルNi又はアルミニウムAlが一面に塗布され、回路パターンがパター

ンニングされている。

【0028】レチクルRの吸収層が残っている部分に当たったEUV光は吸収層によって吸収され、吸収層の抜けた部分に当たったEUV光は反射膜によって反射され、結果として回路パターンの情報を含んだEUV光が反射されて次に述べる投影光学系POへ向かう。

【0029】前記投影光学系POは、開口数(N.A.)が0.1で、後述するように、反射光学素子(ミラー)のみから成る反射光学系が使用されており、ここでは、投影倍率1/4倍のものが使用されている。従って、レチクルRによって反射され、レチクルRに描かれたパターン情報を含むEUV光ELは、投影光学系POによって4分の1に縮小されてウエハW上に投射され、これによりレチクルR上のパターンは1/4に縮小されてウエハWに転写される。

【0030】ここで、投影光学系POについてより詳細に説明する。この投影光学系POは、図1に示されるように、レチクルRで反射されたEUV光ELを順次反射する第1ミラーM1、第2ミラーM2、第3ミラーM3、第4ミラーM4の合計4枚のミラー(反射光学素子)と、第2～第4ミラーM2～M4を保持する第1分割鏡筒PP1と、第1ミラーを保持する第2分割鏡筒PP2とから構成されている。前記第1～第4ミラーM1～M4は、いずれも投影光学系POの光軸AXに対して回転対称の反射面を有しており、その内第1ミラーM1及び第4ミラーM4の反射面は非球面の形状を有し、第2ミラーM2の反射面は平面であり、第3ミラーM3の反射面は球面形状となっている。各反射面は設計値に対して露光波長の約50分の1から60分の1以下の加工精度が実現され、RMS値(標準偏差)で0.2nmから0.3nm以下の誤差しかない。各ミラーの反射面の形状は、計測と加工とを交互に繰り返しながら形成されるため、第3ミラーM3のような凸状の反射面は、球面であることが、その計測の都合上望ましい。凸状の非球面を高精度に計測することは現状では困難だからである。

【0031】この場合、図1に示されるように、第1ミラーM1で反射された光が第2ミラーM2に到達できるように、第4ミラーM4には穴が空けられている。また、第4ミラーM4で反射された光がウエハWに到達できるよう第1ミラーM1は、図2の鏡筒部分の底面図に示されるように、下側から見て円の左端部の一部を切除した(いわばやや丸みを帯びたDの字状)となっている。また、これに対応して、該第1ミラーM1を保持する第2分割鏡筒PP2の断面形状も、下側から見てやや丸みを帯びたDの字状とされている。

【0032】投影光学系POが置かれている環境は真空であるため、ミラーM1～M4に対する照明光ELの照射による熱の逃げ場がない。そこで、本実施形態では、次のようにしてミラーM1～M4の熱膨張に起因する投

影光学系POの結像特性の劣化を抑制するようにしている。

【0033】すなわち、ミラーM2～M4を、それぞれ複数本の支持部材15B、15C、15Dを介して第1分割鏡筒PP1にそれぞれ固定し、また第1ミラーM1を複数本の支持部材15Aを介して第2分割鏡筒PP2に固定している。また、第1の分割鏡筒PP1を内側のインナー部材50と、その外周部に装着された冷却ジャケット52との2重構造とし、冷却ジャケット52の内部には、冷却液(例えばフッリナート(商品名))を流入チューブ54側から流出チューブ56側に流すための螺旋状のパイプ58が設けられている。同様に、第2の分割鏡筒PP2を内側のインナー部材51と、その外周部に装着された冷却ジャケット53との2重構造とし、冷却ジャケット53の内部には、冷却液(例えばフッリナート(商品名))を流入チューブ55側から流出チューブ57側に流すための螺旋状のパイプ59が設けられている。更に、各ミラーM1～M4とそれぞれの鏡筒との間には、不図示のヒートパイプ等が配置されている。また、冷却ジャケット52、53のそれぞれは、流出チューブ56、57をそれぞれ介して別々の冷凍装置(図示省略)の戻り口に接続され、これらの冷凍装置の吐出口は流入チューブ54、55をそれぞれ介して冷却ジャケット52、53に接続されている。流出チューブ56、57を介してそれぞれ流出した冷却液は、それぞれの冷凍装置内で冷媒との間で熱交換を行い、所定温度まで冷却された後、流入チューブ54、55をそれぞれ介して冷却ジャケット52、53内に流入するようになっており、このようにして冷却液が循環されるようになっている。

【0034】本実施形態の投影光学系POでは、上記の如く、ミラーM1～M4がそれぞれの支持部材15A～15Dによって支持され、ヒートパイプHPによって第2分割鏡筒PP2、第1分割鏡筒PP1のインナー部材51、50に連結されていることから、露光用の照明光(EUV光)ELの照射によりミラーM1、M2、M3、M4に熱エネルギーが与えられても、ヒートパイプHPを介してそれぞれ所望の温度に温度調整された第2分割鏡筒PP2、第1分割鏡筒PP1との間で熱交換が行われ、ミラーM1、M2、M3、M4が所望の温度に冷却される。この場合、第1ミラーM1を保持する第2分割鏡筒PP2と残りのミラーを保持する第1分割鏡筒PP1とは、異なる目標温度に冷却が可能のため、第2分割鏡筒PP2の冷却目標温度を第1分割鏡筒PP1の冷却目標温度より低く設定する。これは、第1ミラーM1がレチクルRに光学的に最も近いため、最も熱吸収が大きいことを考慮して、第1～第4ミラーを効率良く冷却するためである。

【0035】前記ウエハステージWSTは、XY平面に沿って配置されたウエハステージベース60上に配置さ

れ、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62によって該ウエハステージベース60上に浮上支持されている。このウエハステージWSTは、前記磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62によってX方向及びY方向に所定ストローク（ストロークは例えば300～400mmである）で駆動されるとともに、 θ 方向（Z軸回りの回転方向）にも微小量駆動されるようになっている。また、このウエハステージWSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62によってZ方向及びXY面に対する傾斜方向にも微小量だけ駆動可能に構成されている。

【0036】ウエハステージWSTの上面には、静電チャック方式の不図示のウエハホルダが載置され、該ウエハホルダによってウエハWが吸着保持されている。ウエハステージWSTのXY面内の位置は、不図示のレーザ干渉計システムによって計測されるようになっている。また、鏡筒を基準とするウエハWのZ方向位置は、斜入射光式のウエハフォーカスセンサ14によって計測されるようになっている。このウエハフォーカスセンサ14は、図1に示されるように、鏡筒を保持する不図示のコラムに固定され、ウエハW面に対し斜め方向から検出ビームFBを照射する送光系14aと、同じく不図示のコラムに固定され、ウエハW面で反射された検出ビームFBを受光する受光系14bとから構成される。このウエハフォーカスセンサとしては、レチクルフォーカスセンサと同様の多点焦点位置検出系が用いられる。

【0037】前記ウエハフォーカスセンサ14（14a、14b）及びレーザ干渉計システムの計測値は、不図示の主制御装置に供給され、該主制御装置によって磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62が制御され、ウエハステージWSTの6次元方向の位置及び姿勢制御が行われるようになっている。

【0038】ウエハステージWST上面の一端部には、レチクルRに描画されたパターンがウエハW面上に投影される位置と、後述するアライメント光学系ALGの相対位置関係の計測（いわゆるベースライン計測）等を行うための空間像計測器FMが設けられている。この空間像計測器FMは、従来のDUV露光装置の基準マーク板に相当するものである。

【0039】さらに、本実施形態では、図1に示されるように、第2分割鏡筒PP2の-Y側の側壁の内面に、アライメント光学系ALGが固定されている。このアライメント光学系ALGとしては、ブロードバンド光をウエハW上のアライメントマーク（または空間像計測器FM）に照射し、その反射光を受光して画像処理によりマーク検出を行うFIA（Field Image Alignment）方式のアライメントセンサ、レーザ光をウエハW上の回折格子状のアライメントマークに2方向から照射し、発生した2つの回折光を干渉させ、その位相からアライメントマークの位置情報を検出するLIA（Laser Interferom-

etric Alignment）方式のアライメントセンサ、レーザ光をウエハW上のアライメントマークに照射し、回折・散乱された光の強度を利用してマーク位置を計測するLSA（Laser Step Alignment）方式のアライメントセンサやAFM（原子間力顕微鏡）のような走査型プローブ顕微鏡等種々のものを用いることができる。

【0040】次に、上述のようにして構成された本実施形態の走査型露光装置10による露光工程の動作について説明する。

【0041】まず、不図示のレチクル搬送系によりレチクルRが搬送され、ローディングポジションにあるレチクルステージRSTに吸着保持される。次いで、主制御装置により、ウエハステージWST及びレチクルステージRSTの位置が制御され、レチクルR上に描画された不図示のレチクルアライメントマークのウエハW面上への投影像が空間像計測器FMを用いて検出され、レチクルパターン像のウエハW面上への投影位置が求められる。すなわち、レチクルアライメントが行われる。

【0042】次に、主制御装置により、空間像検出器FMがアライメント光学系ALGの直下へ位置するように、ウエハステージWSTが移動され、アライメント光学系ALGの検出信号及びそのときの干渉計システムの計測値に基づいて、間接的にレチクルRのパターン像のウエハW面上への結像位置とアライメント光学系ALGの相対距離、すなわちベースライン距離BLが求められる。

【0043】かかるベースライン計測が終了すると、主制御装置により、いわゆるEGAアライメントが行われ、ウエハW上の全てのショット領域の位置が求められる。

【0044】そして、次のようにしてステップアンドスキャン方式の露光がEUV光ELを露光用照明光として行われる。すなわち、主制御装置では上で求めたウエハW上びの各ショット領域の位置情報に従って、干渉計システムからの位置情報をモニタしつつ、ウエハステージWSTを第1ショットの走査開始位置に位置決めするとともに、レチクルステージRSTを走査開始位置に位置決めして、その第1ショットの走査露光を行う。この走査露光に際し、主制御装置ではレチクルステージRSTとウエハステージWSTとを相互に逆向きに駆動するとともに両者の速度比が投影光学系POの投影倍率に正確に一致するように両ステージの速度を制御し、両ステージのかかる速度比の等速同期状態にて露光（レチクルパターンの転写）を行う。これにより、ウエハW上の第1ショットには、例えば25mm（幅）×50mm（走査方向）の回路パターンの転写の像が形成される。

【0045】上記のようにして第1ショットの走査露光が終了すると、主制御装置ではウエハステージWSTを第2ショットの走査開始位置へ移動させるショット間のステッピング動作を行う。そして、その第2ショットの

走査露光を上述と同様にして行う。以後、第3ショット以降も同様の動作を行う。

【0046】このようにして、ショット間のステップング動作とショットの走査露光動作とが繰り返され、ステップアンドスキャン方式でウエハW上の全てのショット領域にレチクルRのパターンが転写される。

【0047】ここで、上記の走査露光中やアライメント中には、ウエハフォーカスセンサ14(14a、14b)によってウエハW表面と投影光学系POの間隔、XY平面に対する傾斜が計測され、主制御装置によってウエハW表面と投影光学系POとの間隔、平行度が常に一定になるようにウエハステージWSTが制御される。また、主制御装置では、レチクルフォーカスセンサ13(13a、13b)の計測値に基づいて、露光中(レチクルパターンの転写中)の投影光学系POとレチクルRのパターン面との間隔が常に一定に保たれるように、レチクルRの投影光学系POの光軸方向(Z方向)の位置を調整しつつ、レチクルステージRSTと基板ステージWSTとをY軸方向に沿って同期移動させる。

【0048】以上説明したように、本実施形態の走査型露光装置10によると、極めて波長の短いEUV光ELを露光光として用い、色収差のないオール反射の投影光学系POを介してレチクルRのパターンがウエハW上に転写されるので、レチクルR上の微細パターンをウエハW上の各ショット領域に高精度に転写することができる。具体的には、最小線幅70nm程度の微細パターンに高精度な転写が可能である。また、本実施形態では、第1ミラーM1の左側に存在する空間部、すなわち第2分割鏡筒PP2の内部側の空間にアライメント光学系ALGを配置していることから、該アライメント光学系ALGの検出中心と、ウエハW上のリング状照明領域の中心点で代表されるレチクルパターンの投影位置との距離であるベースライン距離BLを短くすることができ、マーク位置検出の安定性の向上を図ることができる。また、アライメント光学系ALGとして直筒状のアライメント光学系を用いることができるので、アライメントビームの光路を短く設定することができ、対物レンズとしてN.A.の大きなレンズを用いて一層高精度なマーク位置の計測が可能になる。従って、アライメント精度の向上により、レチクルパターンとウエハW上のショット領域との重ね合せ露光の精度向上が可能である。

【0049】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図3～図5に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を省略するものとする。

【0050】図3には、第2の実施形態の走査型露光装置100の全体構成が概略的に示されている。この走査型露光装置100も、前述した走査型露光装置10と同様に、露光用の照明光ELとして波長11nmのEUV

光を用いて、ステップアンドスキャン方式により露光動作を行うものである。

【0051】この走査型露光装置100は、第1ミラーM1として、図4の投影光学系POの底面図に示されるように、第1の実施形態の第1ミラーに比べて露光光の反射領域の左側部分がより大きく切り取られたほぼ半円状のものが用いられ、これに対応して第2分割鏡筒PP2の断面形状がほぼ半円状とされている点、及び第2分割鏡筒PP2の外面にアライメント顕微鏡ALGが取り付けられている点に特徴を有する。その他の部分の構成等は、前述した第1の実施形態と同様になっている。

【0052】このようにして構成された本第2の実施形態の走査型露光装置100によると、第1の実施形態と同等の効果をえられる他、図5に示されるように、ウエハ面上での照明領域IAは、投影光学系の光軸上の点Oを中心とするリング状の領域であるから、アライメント顕微鏡ALGの取り付け位置が照明領域の中心点を通るY軸上にある場合は別にして、その他の場合は、図中の距離BLとBL'とを比べると明らかに、本第2の実施形態のベースライン距離BL'の方が、第1の実施形態のベースライン距離BLに比べてより短くなり、マーク位置検出の安定性が一層向上する。

【0053】《第3の実施形態》次に、本発明の第3の実施形態を図6～図8に基づいて説明する。ここで、前述した第1、第2の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を省略するものとする。

【0054】図6には、第3の実施形態の走査型露光装置200の全体構成が概略的に示されている。この走査型露光装置200はステップアンドスキャン方式の縮小投影露光装置である。この走査型露光装置200は、第1ミラーM1として上記第2の実施形態と同様のミラーが用いられ、これに対応して図7の鏡筒の底面図に示されるように、第2分割鏡筒PP2として断面が半円状のものが用いられている点、及び2つのアライメント顕微鏡ALG1、ALG2が設けられている点に特徴を有する。

【0055】この走査型露光装置200では、一方のアライメント顕微鏡ALG1が露光光(結像光束)の通過領域、すなわち照明領域の走査方向の一侧に配置され、第1分割鏡筒PP1の底板40(図7参照)に取り付けられている。また、他方のアライメント顕微鏡ALG2は、露光光(結像光束)の通過領域の走査方向の他側に配置され、前述した第2の実施形態のアライメント顕微鏡ALGと同様に、第2分割鏡筒PP2の外面に取り付けられている。

【0056】その他の部分の構成等は、前述した第1、第2の実施形態と同様になっている。

【0057】この走査型露光装置200によると、第1の実施形態と同等の効果をえられる他、次のような効果

も得られる。

【0058】すなわち、アライメント顕微鏡ALG1、ALG2が、同一の検出方式のセンサ（具体的にはFIA方式、LIA方式、LSA方式あるいは走査型微小プローブ型（AFMなど）のセンサ）を備える場合には、ウエハ上で所定距離離れたアライメントマークを同時あるいはほぼ同時に検出することができ、結果的にアライメント時間の短縮によるスループットの向上が可能になる。この場合、アライメント顕微鏡ALG1、ALG2の検出中心間の距離が、ウエハ上のアライメントマーク間距離にほぼ一致するように両者の関係を設定すれば良い。

【0059】あるいは、アライメント顕微鏡ALG1、ALG2が異なる検出方式のセンサを備えていても良い。例えば、LSA方式は、アルミ層を除き、幅広いプロセスウエハに対応が可能であり、また、LIA方式は、低段差や表面荒れウエハに効果的であり、また、FIA方式は、アルミ層やウエハ表面の非対称マークに効果的である等の特徴を有する。従って、これらの方式のいずれかをアライメント顕微鏡ALG1、ALG2のいずれか一方が、他の方式を他方が備えることにより、あらゆるプロセスウエハへの適応能力が向上する。かかる意味では、相互に異なる方式のセンサを備えた3つ以上のアライメント顕微鏡を設けても良い。また、この場合には、従来と異なり、1つのアライメント顕微鏡にLIA、LSA、FIAなどの異なる検出方式のセンサを組み込む必要もないので、それぞれの光学系の構成を簡略化することが可能であるとともに、ビームスプリッタによる光束の分割回数を低減あるいはなくすることができるので、より強い光強度での検出が可能になり、高精度なマーク検出が可能になる。

【0060】この他、図8に示されるように、リング状照明領域1Aの走査方向一側、他側にそれぞれ各2つ同一検出方式のアライメント顕微鏡ALG1、ALG3、ALG2、ALG4を配置しても良い。かかる場合、アライメント顕微鏡ALG1、ALG3の非走査方向の距離をウエハ上のショット領域の非走査方向の幅とほぼ同じに設定し、アライメント顕微鏡ALG2、ALG4の非走査方向の距離をショット領域の非走査方向の幅とほぼ同じに設定することにより、走査露光中のウエハアライメントが可能になり、上記第1、第2実施形態に比べて重ね合せ精度が一層向上する。この場合には、ウエハ上のショット領域の非走査方向の両端部（又は隣接ショット間のストリートライン上）に、走査方向に連続的、または断続的に2次元格子マークを形成し、アライメント顕微鏡ALG1、ALG2、ALG3、ALG4として、ウエハの高速移動中の高精度マーク位置計測に適したセンサ、例えばLIA方式のセンサを備えたものを用いることが望ましい。

【0061】《第4の実施形態》次に、本発明の第4の

実施形態を図9～図10に基づいて説明する。ここで、前述した第1～第3の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を省略するものとする。

【0062】図9には、第4の実施形態の走査型露光装置300の全体構成が概略的に示されている。この走査型露光装置300は、ステップアンドスキャン方式の縮小投影露光装置である。この走査型露光装置300は、図10の鏡筒の底面図に示されるように、第1ミラーM1として、上記第2、第3の実施形態の第1ミラーに比べて露光の反射領域の左側部分がより大きく切り取られたような形状のものが用いられ、これに対応して第2分割鏡筒PP2として半円より更に扁平なDの字状の断面形状のものが用いられ、これにより空いた第2分割鏡筒PP2の左側のスペース（空間部）にアライメント顕微鏡ALGのみならず、ウエハのZ位置を検出する焦点位置検出装置が位置検出装置として配置されている点に特徴を有する。

【0063】すなわち、アライメント顕微鏡ALGは、第1の実施形態とほぼ同様の位置に配置され、第1分割鏡筒PP1の底板41に取り付けられている。

【0064】また、焦点位置検出装置は、底板41に取り付けられた送光系71、この送光系71からZ方向下方に射出される検出ビームを折り曲げてウエハ面に対し斜めから入射させる折り曲げミラー72、この検出ビームのウエハ面からの反射光束をZ方向上方に向けて折り曲げる折り曲げミラー73、及びこの光束を受光するとともに第2分割鏡筒PP2の外面に固定された受光系74から構成されている。

【0065】なお、送光系71と折り曲げミラー72、及び受光系74と折り曲げミラー73とは、それぞれ一体化してユニット化されるが、図9では作図の便宜上から分離して示されている。

【0066】その他の部分の構成等は、前述した第1～第3の実施形態と同様になっている。

【0067】このようにして構成された本第4の実施形態の走査型露光装置300によると、第1の実施形態と同等の効果を得られる他、焦点位置検出装置の検出ビームの光路が、上記第1の実施形態の場合と比べて明らかに短くなっているため、焦点位置検出装置をコンパクト化することができ、振動あるいは熱変形等に起因する投影光学系と焦点位置検出装置の相対位置変動などを低減することができ、これによりウエハの光軸方向位置検出の安定性を向上することが可能である。また、この場合にも、より大N.A.の対物レンズの使用が可能であり、検出精度の向上が可能である。

【0068】なお、上記第1～第4の実施形態では、露光光として波長11nmのEUV光を用いる場合について説明したが、これに限らず、露光光として波長13nmのEUV光を用いても良い。この場合には、波長13

nmのEUV光に対して約70%の反射率を確保するため、各ミラーの反射膜としてモリブデンMoと珪素Siを交互に積層した多層膜を用いる必要がある。

【0069】また、上記各実施形態では、第1ミラーM1がウエハ直近であったが、必ずしも同一の構成である必要はなく、ウエハ直近の1枚あるいは複数枚のミラーとして反射領域の結像光束側にアライメント顕微鏡や焦点位置検出装置等を配置可能な空間部が存在するような形状のミラーを用いても良い。

【0070】また、上記実施形態では、鏡筒が円筒状の第1の分割鏡筒PP1とDの字状の第2の分割鏡筒PP2とから構成される場合について説明したが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。

【0071】すなわち、鏡筒として通常の円筒状のものを用い、上記の第1ミラーM1の左側のスペース（鏡筒内スペース）にアライメント顕微鏡及び焦点位置検出装置の少なくとも一方を配置しても勿論構わない。あるいは、第1ミラーM1と同様のウエハ近傍の大型ミラーの一部に開口を形成して、この開口内にアライメント顕微鏡及び焦点位置検出装置の少なくとも一方を配置しても構わない。

【0072】また、上記実施形態では、露光光源としてレーザ励起プラズマ光源を用いるものとしたが、これに限らず、シンクロトロン放射光源、ベクトロン光源、ディスチャージ光源、X線レーザなどのいずれを用いても良い。

【0073】また、上記第1～第4実施形態では、露光光としてEUV光を用い、4枚の反射ミラーのみから成るオール反射の投影光学系を用いる場合について説明したが、これらは一例であって、本発明がこれに限定されないことは勿論である。すなわち、例えば、特開平9-211332号公報に開示されるような6枚のミラーのみから成り、開口数が約0.25nm程度の投影光学系を備えた露光装置は勿論、光源に波長100～160nmのVUV光源、例えばAr₂レーザ（波長126nm）を用い、4～8枚のミラーを有する投影光学系、例えば上記公報に開示されるような6枚のミラーを有し、開口数が0.55～0.6程度の投影光学系を用いた、

VUV露光装置にも好適に適用することができる。なお、VUV露光装置の場合には、屈折光学素子を一部に含んでいても良い。

【0074】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、基板の位置検出精度を向上して、マスクと基板の重ね合わせ精度の向上を図ることができるという従来にない優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の走査型露光装置の全体構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の投影光学系を示す底面図である。

【図3】第2の実施形態の走査型露光装置の全体構成を概略的に示す図である。

【図4】図3の投影光学系を示す底面図である。

【図5】第2の実施形態の効果を説明するための図である。

【図6】第3の実施形態の走査型露光装置の全体構成を概略的に示す図である。

【図7】図6の投影光学系を示す底面図である。

【図8】第3の実施形態の効果を説明するための図である。

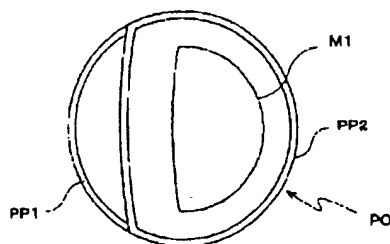
【図9】第4の実施形態の走査型露光装置の全体構成を概略的に示す図である。

【図10】図9の投影光学系を示す底面図である。

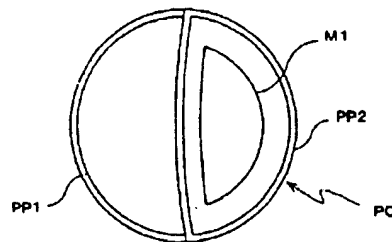
【符号の説明】

10…走査型露光装置、13a…送光系（位置検出系の一部）、13b…受光系（位置検出系の一部）、71…送光系（焦点位置検出装置）、72…折り曲げミラー（焦点位置検出装置）、73…折り曲げミラー（焦点位置検出装置）、74…受光系（焦点位置検出装置）、R…レチクル（マスク）、W…ウエハ（基板）、PO…投影光学系、M1…第1ミラー（反射光学素子）、M2…第2ミラー（反射光学素子）、M3…第3ミラー（反射光学素子）、M4…第4ミラー（反射光学素子）、ALG…アライメント顕微鏡（マーク位置検出装置、位置検出装置）。

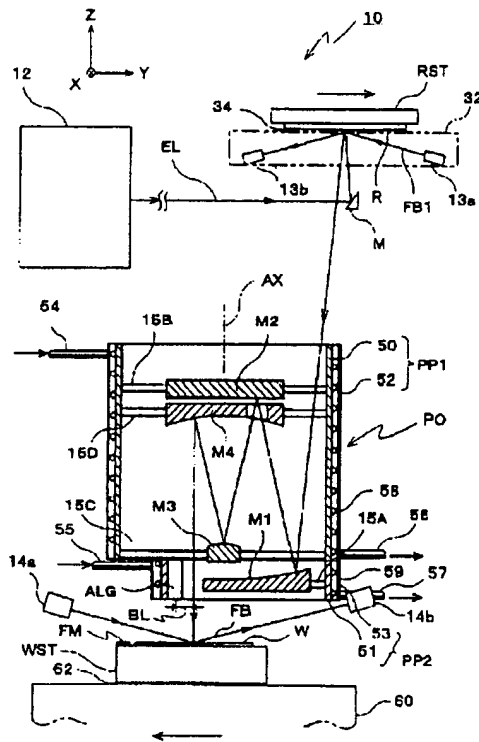
【図2】



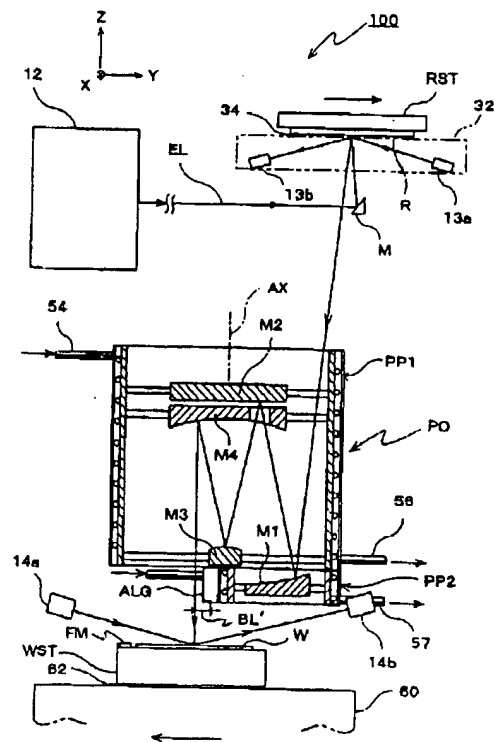
【図4】



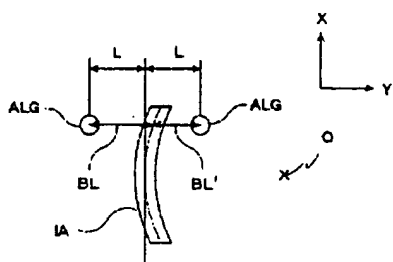
【図1】



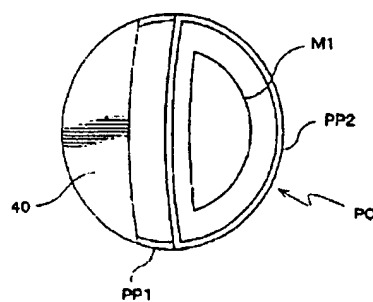
【図3】



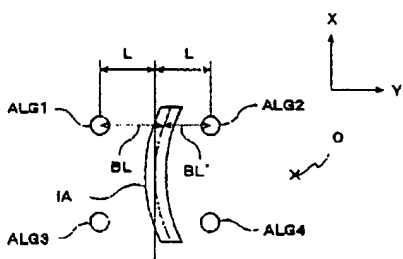
【図5】



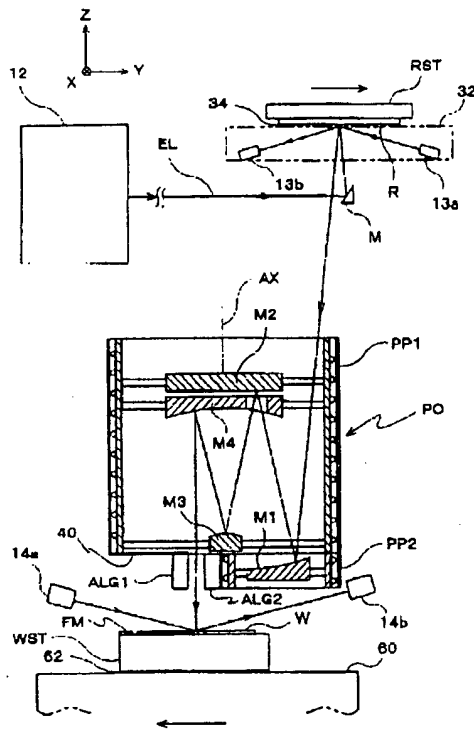
【図7】



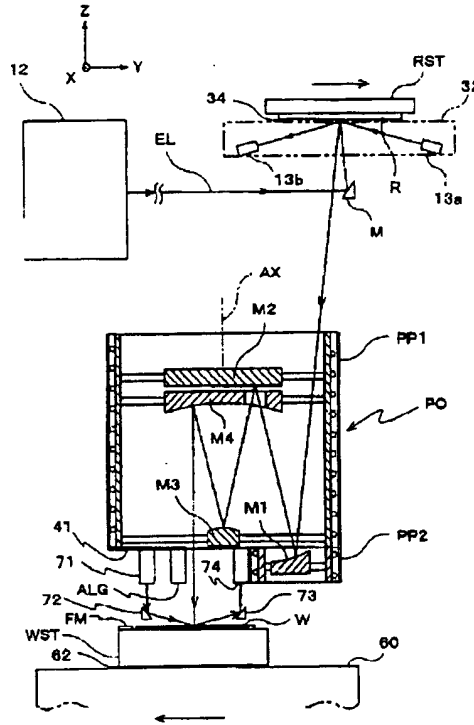
【図8】



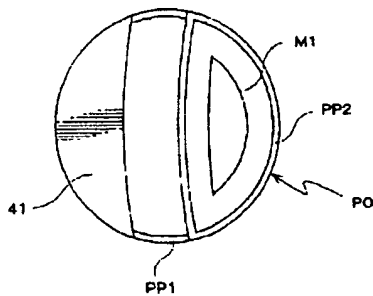
【図6】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.

識別記号

F1
H01L 21/30

526A

